

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-161211

(43) 公開日 平成5年(1993)6月25日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 0 L 7/24		Z 6821-5H		
B 6 0 T 8/26		H 8610-3H		

審査請求 未請求 請求項の数4 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平3-322082

(22) 出願日 平成3年(1991)12月5日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 青木 康史

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 浅沼 信吉

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 大野 敦夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 落合 健 (外1名)

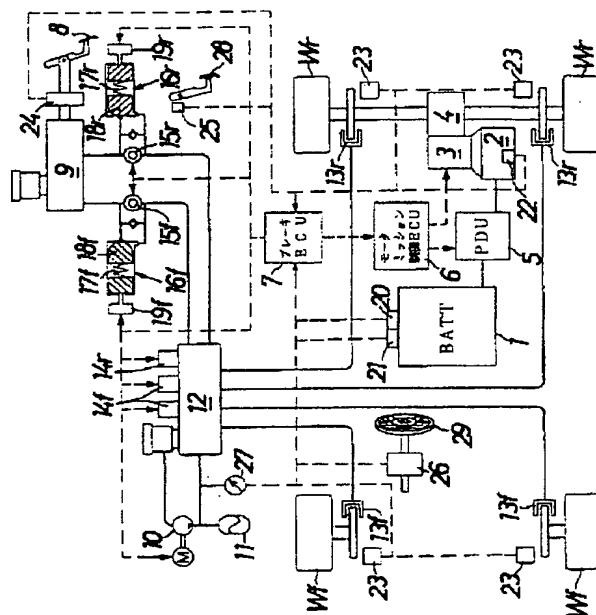
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動車両の制動装置

(57) 【要約】

【目的】 回生制動と油圧制動を併用する車両の制動装置において、回生制動によるエネルギー回収効率を可及的に向上させる。

【構成】 前輪Wfのブレーキシリンダ13fおよび後輪Wrのブレーキシリンダ13rとマスタシリンダ9とを連結する油路に、ON/OFFバルブ15f、15rとそれらを迂回する差圧バルブ16f、16rが設けられる。後輪Wrの回生制動によりモータ2が発電する電力でバッテリー1を充電する時、ON/OFFバルブ15f、15rを開弁して差圧バルブ16f、16rで前記ブレーキシリンダ13f、13rに伝達される制動油圧を規制することにより、前輪Wfと後輪Wrの油圧制動を禁止して回生制動を優先させる。差圧バルブ16f、16rの開弁圧力は、スプリング17f、17rのセット荷重の変更により調整可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ブレーキ操作子(8)の操作により油圧制動可能な従動輪(Wf)と、バッテリー(1)をエネルギー源とするモータ(2)に接続されて駆動されるとともに前記ブレーキ操作子(8)の操作により油圧制動および回生制動可能な駆動輪(Wr)とを備えた電動車両の制動装置において、

前記ブレーキ操作子(8)に接続されて制動油圧を発生するマスタシリンダ(9)と従動輪(Wf)のブレーキシリンダ(13f)との間に、前記制動油圧が所定圧を越えて上昇するまで前記ブレーキシリンダ(13f)への制動油圧の伝達を阻止する差圧バルブ(16f)を介在させ、駆動輪(Wr)の回生制動が行われる時に従動輪(Wf)の油圧制動を規制することを特徴とする、電動車両の制動装置。

【請求項2】 ブレーキ操作子(8)の操作により油圧制動可能な従動輪(Wf)と、バッテリー(1)をエネルギー源とするモータ(2)に接続されて駆動されるとともに前記ブレーキ操作子(8)の操作により油圧制動および回生制動可能な駆動輪(Wr)とを備えた電動車両の制動装置において、

前記ブレーキ操作子(8)に接続されて制動油圧を発生するマスタシリンダ(9)と駆動輪(Wr)のブレーキシリンダ(13r)との間に、前記制動油圧が所定圧を越えて上昇するまで前記ブレーキシリンダ(13r)への制動油圧の伝達を阻止する差圧バルブ(16r)を介在させ、駆動輪(Wr)の回生制動が行われる時に該駆動輪(Wr)の油圧制動を規制することを特徴とする、電動車両の制動装置。

【請求項3】 前記差圧バルブ(16f, 16r)が前記所定圧を決定するスプリング(17f, 17r)を備え、そのスプリング(17f, 17r)のセット荷重が調整可能であることを特徴とする、請求項1または2記載の電動車両の制動装置。

【請求項4】 前記マスタシリンダ(9)とブレーキシリンダ(13f, 13r)間に回生制動時に閉弁し油圧制動時に開弁するON/OFFバルブ(15f, 15r)を介在させ、このON/OFFバルブ(15f, 15r)をバイパスする油路に前記差圧バルブ(16f, 16r)を設けたことを特徴とする、請求項1または2記載の電動車両の制動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ブレーキ操作子の操作により油圧制動可能な従動輪と、バッテリーをエネルギー源とするモータに接続されて駆動されるとともに前記ブレーキ操作子の操作により油圧制動および回生制動可能な駆動輪とを備えた電動車両の制動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、バッテリーをエネルギー源とする電

気モータにより走行する車両において、内燃機関を備えた車両のエンジンブレーキに相当する制動力を前記モータの回生制動により発揮させ、その結果得られた電力でバッテリーを充電することにより車両の走行可能距離の延長を図ったものが用いられている。

【0003】また、油圧および回生により制動可能な駆動輪と油圧により制動可能な従動輪を備えた車両において、初期制動時に駆動輪の回生制動と従動輪の油圧制動を同時並行して行い、前記回生制動力が制限値に達すると駆動輪の油圧制動を開始するものが、特公昭49-28933号公報により公知である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記公報記載のものは車両の運動エネルギーが最も大きい初期制動時から前記運動エネルギーの一部が従動輪の油圧制動により消費されてしまうため、回生制動によるエネルギー回収効果を十分に発揮させることができず、バッテリーの一充電あたりの走行可能距離を大きく延長することは不可能であった。

【0005】本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、回生制動と油圧制動を併用する車両の制動装置において、回生制動によるエネルギー回収効率を可及的に向上させてバッテリーの一充電あたりの走行可能距離を延長することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、ブレーキ操作子の操作により油圧制動可能な従動輪と、バッテリーをエネルギー源とするモータに接続されて駆動されるとともに前記ブレーキ操作子の操作により油圧制動および回生制動可能な駆動輪とを備えた電動車両の制動装置において、前記ブレーキ操作子に接続されて制動油圧を発生するマスタシリンダと従動輪のブレーキシリンダとの間に、前記制動油圧が所定圧を越えて上昇するまで前記ブレーキシリンダへの制動油圧の伝達を阻止する差圧バルブを介在させ、駆動輪の回生制動が行われる時に従動輪の油圧制動を規制することを第1の特徴とする。

【0007】また本発明は、ブレーキ操作子の操作により油圧制動可能な従動輪と、バッテリーをエネルギー源とするモータに接続されて駆動されるとともに前記ブレーキ操作子の操作により油圧制動および回生制動可能な駆動輪とを備えた電動車両の制動装置において、前記ブレーキ操作子に接続されて制動油圧を発生するマスタシリンダと駆動輪のブレーキシリンダとの間に、前記制動油圧が所定圧を越えて上昇するまで前記ブレーキシリンダへの制動油圧の伝達を阻止する差圧バルブを介在させ、駆動輪の回生制動が行われる時に該駆動輪の油圧制動を規制することを第2の特徴とする。

【0008】また本発明は前述の第1または第2の特徴に加えて、前記差圧バルブが前記所定圧を決定するスプ

3

リングを備え、そのスプリングのセット荷重が調整可能であることを第3の特徴とする。

【0009】また本発明は前述の第1または第2の特徴に加えて、前記マスタシリンダとブレーキシリンダ間に回生制動時に閉弁し油圧制動時に開弁するON/OFFバルブを介在させ、このON/OFFバルブをバイパスする油路に前記差圧バルブを設けたことを第4の特徴とする。

【0010】

【実施例】以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。

【0011】図1～図23は本発明の一実施例を示すもので、図1はその制動装置を備えた電動車両の全体構成図、図2は制御系のブロック図、図3は制動モードの概略説明図、図4～図23は作用を説明するフローチャート、グラフおよびタイムチャートである。

【0012】図1に示すように、この電動車両は従動輪としての一对の前輪Wfと駆動輪としての一对の後輪Wrを備えた4輪車であって、後輪Wrはバッテリー1をエネルギー源とする電気モータ2に前進4段のトランスミッション3およびデフ4を介して接続される。バッテリー1とモータ2の間にはPDU（パワードライブユニット）5が介装され、バッテリー1によるモータ2の駆動を制御するとともに、回生制動に伴ってモータ2が発電する電力によるバッテリー1の充電を制御する。前記PDU5とトランスミッション3はモータ・ミッション制御ECU（電子制御ユニット）6に接続され、このモータ・ミッション制御ECU6はブレーキECU（電子制御ユニット）7に接続される。

【0013】ブレーキペダル8により作動するマスタシリンダ9は、油圧ポンプ10により蓄圧されるアキュムレータ11に接続されたモジュレータ12を介して、各前輪Wfのブレーキシリンダ13fと各後輪Wrのブレーキシリンダ13rとに接続される。モジュレータ12は前輪用の2チャンネルのABS（アンチロックブレーキシステム）制御バルブ14fと後輪用の1チャンネルのABS制御バルブ14rを有し、前輪Wfおよび後輪Wrにロック傾向が生じた場合に、それらのブレーキシリンダ13f、13rに伝達されるブレーキ油圧を減圧する。

【0014】マスタシリンダ9とモジュレータ12とを接続する油路には、前輪Wfのブレーキシリンダ13fに伝達されるブレーキ油圧を制御するON/OFFバルブ15fと差圧バルブ16fより成る油圧制御バルブが、また後輪Wrのブレーキシリンダ13rに伝達されるブレーキ油圧を制御するON/OFFバルブ15rと差圧バルブ16rより成る油圧制御バルブがそれぞれ介装される。

【0015】前輪用のON/OFFバルブ15fはソレノイドで駆動される常開の開閉弁であって、必要に応じ

4

てマスタシリンダ9とモジュレータ12間の連通を遮断する。前輪用の差圧バルブ16fは前記ON/OFFバルブ15fを迂回するバイパス油路に設けられるもので、スプリング17fで閉弁方向に付勢された弁体18fと、前記スプリング17fのセット荷重を調整するリニアソレノイド19fとを備える。後輪用のON/OFFバルブ15rと差圧バルブ16rは前輪用のそれと同一の構造を備える。尚、前記バイパス油路にはマスタシリンダ9からモジュレータ12への油圧の伝達を規制し、モジュレータ12からマスタシリンダ9への油圧の伝達を許容する一方向弁が介装される。

【0016】図2を併せて参照すると明らかなように、前記ブレーキECU7には、バッテリー1に設けたバッテリー残容量計20およびバッテリー温度センサ21と、モータ2の回転数を検出するモータ回転数センサ22と、前輪Wfおよび後輪Wrに設けられた車輪速センサ23と、前記ブレーキペダル8に設けられたブレーキペダル踏力センサ24と、アクセルペダル28に設けられたアクセル開度センサ25と、ステアリングホイール29に設けられたステアリングセンサ26と、前記アキュムレータ12に設けられたアキュムレータ圧センサ27とが接続されるとともに、それらの出力信号に基づいて制御される前記油圧ポンプ10と、前記ON/OFFバルブ15f、15rおよび差圧バルブ16f、16rより成る油圧制御バルブと、前記ABS制御バルブ14f、14rとが接続される。

【0017】また、前記ブレーキECU7からの回生制動指令とミッションシフト指令を受けて作動するモータ・ミッション制御ECU6には、バッテリー1およびモータ2を制御する前記PDU5と、前記トランスミッション3とが接続される。

【0018】次に、図3に基づいて各制動モードの概要を説明する。

【0019】本制動装置を装備した車両における前輪Wfと後輪Wrの制動モードには、[モード3]、[モード2]、[モード1]の3種類があり、その何れかが初期判定により選択されて所定のモードによる制動が行われるとともに、運転状態の変化によって制動中にモードの変更が行われる。

① [モード3] このモードは通常の運転状態において選択される。すなわち回生制動システムが正常に機能しており、かつ急ブレーキ時でもなくステアリング中でもない場合に選択される。[モード3]は、前輪Wfを油圧により制動し後輪Wrを油圧と回生により制動するモードであって、ブレーキペダル8を踏むと先ず後輪Wrのみが回生制動されて前輪Wfの油圧制動は行われぬ。そして後輪Wrの制動力が折点Pに達すると、その瞬間から前輪Wfの油圧制動が開始される。後輪Wrの制動力がバッテリー1やモータ2の種々の条件から決定される回生限界を越えると、後輪Wrは回生と油圧の併用によ

って制動される。そして制動力が折点Qに達すると前記モジュレータ12の内部に設けられた周知の比例減圧弁の作用によって後輪Wrの制動力が弱められ、結局折れ線OPQRで示すような制動力配分特性が与えられる。この制動力配分特性OPQRは破線で示す理想配分特性よりも上側、すなわち後輪Wrの制動力配分が理想配分特性を上回るよう偏倚しており、これにより後輪Wrの回生制動を可及的に利用してバッテリー1を充電し、一充電あたりの走行可能距離の延長を図っている。

② [モード2] このモードは回生制動システムが正常に機能しており且つ急ブレーキ時でなく、但しステアリング中である場合に選択される。この[モード2]も前述の[モード3]と同様に、前輪Wfを油圧により制動し後輪Wrを油圧と回生により制動するモードである。しかしながら、ブレーキペダル8を踏むと後輪Wrの回生制動と同時並行的に前輪Wfの油圧制動が行われ、その間に後輪Wrの制動力が回生限界を越えると、後輪Wrは回生と油圧の併用によって制動される。そして制動力が折点Rに達すると比例減圧弁により後輪Wrの制動力が弱められ、その結果[モード2]の制動力配分特性を示す折れ線OQRは、破線で示す理想配分特性よりも前輪Wfの制動力に比重を置いたものとなる。このようにステアリング中に[モード2]を選択して初期制動時から前輪Wfと後輪Wrを同時に制動することにより、操縦安定性の低下を回避することができる。

③ [モード1] このモードは回生制動システムが正常に機能しない場合、あるいは回生制動システムが正常に機能している場合における急ブレーキ時に選択される。この[モード1]では後輪Wrの回生制動は行われず、前輪Wfおよび後輪Wrは何れも油圧により制動される。このように後輪Wrの回生制動を行わずに油圧制動のみを行うことにより、後輪Wrの回転をデフ4やトランスミッション3を介してモータ2に伝達する間に応答性に若干の遅れが生じる回生制動に比べて、制動力の応答性を高めることが可能となる。而して、折れ線OQRで示す制動力配分特性は、前述の[モード2]と同様に破線で示す理想配分特性よりも前輪Wfの制動力に比重を置いたものとなる。上述のように急ブレーキ中に[モード1]を選択することにより、制動の応答性向上が図られる。

【0020】前述の[モード3]による制動中における急ブレーキ時には、[モード3]から[モード1]への変更が行われる。一方、[モード3]による制動中にステアリング操作が行われた場合、あるいは低μ路による車輪のロック傾向が検出された場合には、[モード3]から[モード2]への変更が行われ、また[モード2]による制動中に低μ路による一層強い車輪のロック傾向が検出された場合には、[モード2]から[モード1]への変更が行われる。このように、路面μにより[モード2]あるいは[モード1]を選択することにより、操

縦安定性の低下を回避することができる。前記[モード3]から[モード2]あるいは[モード1]への変更は、等制動力線すなわち前輪Wfの制動力と後輪Wrの制動力の和が一定に保たれるような線に沿って行われ、これにより前後両輪Wf、Wrのトータルの制動力が急変することが回避される。

【0021】次に、前述の構成を備えた制動装置の作用を、図4に示すメインルーチンのフローチャートに基づいて説明する。

10 【0022】まずステップS100において、ブレーキECU7およびモータ・ミッション制御ECU6の記憶装置に各種プログラムやデータが記憶され、制動装置が作動可能な状態に初期設定される。続くステップS200では、前記バッテリー残容量計20、バッテリー温度センサ21、モータ回転数センサ22、車輪速センサ23、ブレーキペダル踏力センサ24、アクセル開度センサ25、ステアリングセンサ26およびアクチュエータ圧センサ27の出力信号がブレーキECU7に読み込まれる(図2参照)。

20 【0023】ステップS300では、各瞬間において発揮可能な回生制動力の制限値が前記各種センサの出力信号に基づいて演算される。この回生制動力限界は、バッテリー1の状態やモータ2の状態によって決定されるものであり、その詳細はステップS300のサブルーチンに基づいて後から詳述する。

30 【0024】ステップS400では、エンジンブレーキ相当の回生制動力が演算される。内燃機関を走行用動力源とする車両では、アクセルペダルの踏力を解除するとエンジンブレーキが作動するが、本実施例の如くモータ2を走行用動力源とする車両では、前記エンジンブレーキに相当する制動力を回生制動により後輪Wrに作用させることにより、内燃機関を持つ通常の車両と同様の操縦フィーリングが与えられる。すなわち、アクセルペダル28の踏力が弱められると、アクセル開度センサ25により検出されたアクセル開度、モータ回転数センサ22により検出されたモータ回転数、および車輪速センサ23により検出された車輪速に基づいてエンジンブレーキ相当の制動力が演算され、その制動力を得るべくモータ2に接続された後輪Wrが回生制動される。そして回生制動によりモータ2が発電した電力はバッテリー1の充電に供される。

40 【0025】ステップS500では、回生制動力と油圧制動力の配分比率が演算される。すなわちドライバーによる制動操作やステアリング操作の状態、あるいは路面の摩擦係数等に基づいて前記[モード3]、[モード2]、[モード1]が選択されるとともに、[モード3]から[モード2]あるいは[モード1]へのモード変更が決定される。そして各モードにおいて、前輪Wfの油圧制動力の大きさ、および後輪Wrの回生制動力と油圧制動力の大きさが演算される。ステップS500の

7

具体的内容は、そのサブルーチンに基づいて後から詳述する。

【0026】ステップS600では、回生制動力を最大限に発揮し得るシフト位置が演算され、トランスミッション3が前記シフト位置へ向けて自動的に操作される。ステップS600の具体的内容は、そのサブルーチンに基づいて後から詳述する。

【0027】ステップS700では、回生制動力と油圧制動力とを所定の比率で配分すべく、図1のON/OFFバルブ15f、15rと差圧バルブ16f、16rが実際に制御される。而して、後輪Wrの回生制動によりモータ2が発電した電力はバッテリー1の充電に供される。ステップS700の具体的内容は、そのサブルーチンに基づいて後から詳述する。

【0028】ステップS800では、前輪Wfあるいは後輪Wrの過剰スリップを防止すべくアンチロック制御が行われる。すなわち、車輪速センサ23の出力信号により車輪がロック状態に入りかかったことが検出されると、図1のABS制御バルブ14f、14rが制御される。これにより、マスタシリンダ9とブレーキシリンダ13f、13r間に介装されたモジュレータ12が作動し、前記ロック傾向にある車輪のブレーキシリンダ13f、13rに伝達されるブレーキ油圧が減圧されて車輪のロックが防止される。

【0029】ステップS900では、回生制動システムに故障が生じた場合のフェイルセーフが図られる。すなわち、図3のフローに示すように回生制動システムに故障が生じた場合には、常開のON/OFFバルブ15f、15rが開弁位置に保持されてマスタシリンダ9とモジュレータ12が直接連通する。その結果、無条件で「モード1」が選択され、通常の油圧制動システムの如く前輪Wfおよび後輪Wrが油圧により制動される。

【0030】次に、前述の図4のフローチャートのステップS300（回生制動力制限値演算）の具体的内容を、図5～図8に基づいて説明する。

【0031】図5の回生制動力制限値演算ルーチンに示すように、先ずステップS301でバッテリー1の状態による回生制動力の制限値 T_{LW0} が演算され、更にステップS302でモータ2の回転数による回生制動力の制限値 T_{LW1} が演算される。前記制限値 T_{LW0} と制限値 T_{LW1} の大小はステップS303で比較され、制限値 T_{LW0} が制限値 T_{LW1} よりも大きい場合には、ステップS304で小さい方の制限値 T_{LW1} が回生制動力制限値 T_{LW} として選択され、制限値 T_{LW0} が制限値 T_{LW1} 以下である場合には、ステップS305で小さい方の制限値 T_{LW0} が回生制動力制限値 T_{LW} として選択される。すなわち、その時の回生制動力制限値 T_{LW} は、バッテリー1の状態による制限値 T_{LW0} とモータ2の回転数による制限値 T_{LW1} との何れか小さい方によって決定される。

【0032】次に、前記図5のステップS301（バ

8

ッテリー状態による制限値演算）のサブルーチンを、図6に基づいて説明する。

【0033】ステップS311でブレーキペダル踏力センサ24の出力信号によってブレーキ操作が行われたことが検出されると、ステップS312で回生ONタイマRBTがカウントをスタートする。続いて、ステップS313でバッテリー残容量計20の出力信号に基づいてバッテリー1の放電深度(DOD)が演算される。

【0034】続くステップS314～ステップS318では前記DODの大きさに基づいて制限値 T_{LW0} が決定される。すなわち、DODの値が小さくてバッテリー1の残容量が大きい時には、前記制限値 T_{LW0} は小さく設定され、またDODの値が大きくてバッテリー1の残容量が小さい場合には、前記制限値 T_{LW0} は大きく設定される。これを図7(A)を併せて参照しながら更に詳しく説明すると、DODがしきい値 D_1 以下であってバッテリー1の残容量が比較的に大きい場合には、制限値 T_{LW0} が比較的小さい制限値 T_{LW01} に設定される。また、DODがしきい値 D_2 以上であってバッテリー1の残容量が比較的に小さい場合には、制限値 T_{LW0} が比較的に大きい制限値 T_{LW02} に設定される。そして、DODが前記しきい値 D_1 としきい値 D_2 の間にある場合には、制限値 T_{LW0} は前記 T_{LW01} と T_{LW02} の間の制限値 T_{LW02} に設定される。

【0035】続くステップS319では、バッテリー温度センサ21の出力信号に基づいて制限値 T_{LW0} を補正するための係数 K_1 が決定される。すなわち、バッテリー1の容量は温度上昇によって増加するため、図7(B)に示すようにバッテリー温度センサ21の出力信号TEMPがTEMP₀を越えるのに伴って、温度係数 K_1 が1からニアに増加するように決定する。

【0036】続くステップS320～ステップS324では、前記回生ONタイマRBTがカウントした回生ON時間 t の大きさに基づいて制限値 T_{LW0} を補正するための係数 K_2 が決定される。図7(C)を併せて参照すると明らかなように、回生制動が開始されてからの経過時間である回生ON時間 t がしきい値 t_1 以下の場合には充電時間係数 K_2 が1に設定される。回生ON時間 t がしきい値 t_1 以上になると、前記充電時間係数 K_2 は1よりも小さい K_{22} に設定され、更に回生ON時間 t がしきい値 t_2 以上になると、前記充電時間係数 K_2 は前記 K_{22} よりも更に小さい K_{21} に設定される。このようにして、バッテリー1の充電が効率的に行われる充電初期に充電時間係数 K_2 が最大値1となり、回生ON時間 t の経過に伴って前記充電時間係数 K_2 は1から K_{21} 、 K_{22} へと減少する。

【0037】而して、ステップS325でバッテリー1に依存する最終的な回生制動力制限値 T_{LW} が、DODによる制限値 T_{LW0} に温度係数 K_1 および充電時間係数 K_2 を乗算することにより演算される。

【0038】尚、前記回生制動力制限値 T_{LW} の演算はブレーキペダル8を踏む都度行われ、ブレーキペダル8の踏力が解除されると、ステップS326で前記回生ONタイマがリセットされる。

【0039】図8は図5のフローチャートのステップS302に対応するもので、モータ回転数センサ22の出力信号 N_M による回生制動力の制限値 T_{LW} の変化を示すものである。同図から明かなように、モータ1の回転数 N_M の増加に伴ってリニアに増加した制限値 T_{LW} はやがて略一定になり、その後急激に減少する。

【0040】次に、前述の図4のフローチャートのステップS500（回生・油圧配分演算）の具体的内容を、図9～図17に基づいて説明する。

【0041】図9および図10の回生・油圧配分決定ルーチンに示すように、先ずステップS501で制動操作が行われた時、ステップS502でモード1フラグが「0」であって「モード1」が選択されておらず、且つステップS503で回生制動システムが故障しておらず、且つステップS504およびステップS505で急ブレーキ時でなく、且つステップS506およびステップS507で路面 μ が十分に大きくて車輪がロック傾向になく、その結果車輪速センサ23の出力信号から演算した車輪速の時間微分値 ΔV_r （車輪速の単位時間当たりの落ち込み）が所定のしきい値 g_1 、 g_2 （ $g_1 > g_2$ ）以下であり、且つステップS508およびステップS509で仮モード2フラグ $M2FL'$ とモード2フラグ $M2FL$ が共に「0」であって「モード2」が選択されておらず、且つステップS510およびステップS511でステアリングフラグ $STRFL$ が「1」にセットされていない非ステアリング時には、ステップS512で「モード3」が選択される。そして、前記ステップS502でモード1フラグが「1」にセットされている場合には、ステップS513で「モード1」が選択され、また前記ステップS509でモード2フラグ $M2FL$ が「1」にセットされている場合にはステップS514で「モード2」が選択される。

【0042】「モード1」の選択を決定するモード1フラグ $M1FL$ は、以下の①～④の何れかの条件が成立した時にステップS515で「1」にセットされる。

- ① 前記ステップS503で回生制動システムが故障した場合。
- ② 前記ステップS504およびステップS505で急ブレーキであると判定された場合。
- ③ 前記ステップS506で車輪速の時間微分値 ΔV_r が大きい方のしきい値 g_1 を上回った場合。（ g_1 は通常の油圧制動装置の制動力配分でもロックに近くなると推定される値として選択される）
- ④ 前記ステップS507で車輪速の時間微分値 ΔV_r が大きい方のしきい値 g_1 と小さい方のしきい値 g_2 の間にある場合（ g_2 は通常の油圧制動装置の制動力配

に戻せばロックが解消されると推定される値として選択される）であって、且つステップS516でモード2フラグ $M2FL$ が「1」にセットされている場合。

【0043】また、「モード2」の選択を決定する仮モード2フラグ $M2FL'$ は以下の⑤の条件が成立した時にステップS522で「1」にセットされ、同じくモード2フラグ $M2FL$ は以下の⑥または⑦の条件が成立した時にステップS517で「1」にセットされる。

- ⑤ 前記ステップS507で車輪速の時間微分値 ΔV_r が小さい方のしきい値 g_2 を越えており、且つステップS516でモード2フラグ $M2FL$ が「1」にセットされておらず（すなわち「モード3」が選択されている状態）、しかもステップS518およびステップS519でM2ディレイタイマ $M2T$ がカウントダウン中の場合。

- ⑥ 前記ステップS518、S519でM2ディレイタイマ $M2T$ がカウントダウン中（すなわち $M2FL' = 1$ ）に、ステップS507で車輪速の時間微分値 ΔV_r が小さい方のしきい値 g_2 以下になった場合、またはM2ディレイタイマ $M2T$ による所定時間が経過した場合。尚、M2ディレイタイマ $M2T$ による所定時間の経過後においても、ステップS507で $\Delta V_r > g_2$ と判断されると、前記④の条件によって「モード1」が選択される。

- ⑦ 前記ステップS510およびステップS511でステアリング中であると判定された場合。

【0044】前記ステップS501でブレーキ操作中でないと判断された時、すなわちブレーキペダル8の踏力が解除された時に、初めてステップS523およびステップS524でモード2フラグ $M2FL$ とモード1フラグ $M1FL$ が共に「0」にセットされる。したがって、1回の制動中に一旦「モード2」あるいは「モード1」が選択されると、その制動中に「モード2」または「モード1」から「モード3」に逆移行することはない。

【0045】次に、図9のステップS504（急ブレーキ判定）の詳細を図11のフローチャートを参照して説明する。ステップS531においてブレーキペダル踏力センサ24により検出された踏力 F_b が所定のしきい値以上である場合には、無条件で急ブレーキであると判定され、ステップS532で急ブレーキフラグが「1」にセットされる。

【0046】一方、前記踏力 F_b が所定のしきい値未満であり、且つステップS533で急ブレーキ判定タイマPTMがカウント開始時の初期値 t_0 にある時には、ステップS534でその時の踏力 F_b が初期踏力 F_{b1} とされる。続くステップS535で急ブレーキ判定タイマPTMが0までカウントダウンされていない場合には、ステップS536でカウントダウンが行われるとともに、ステップS537で急ブレーキフラグが「0」にセットされる。

【0047】前記ステップS535で急ブレーキ判定タイマPTMが0までカウントダウンされた時すなわち所定時間 t_0 が経過した時に、ステップS538でその時の踏力 F_B が t_0 後の踏力 t_{B2} とされ、ステップS539で急ブレーキ判定タイマPTMが t_0 にリセットされる。そして、続くステップS540で t_0 後の踏力 t_{B2}

初期踏力 F_{B1} の差が踏力変化しきい値 ΔF_B と比較され、前記差が踏力変化しきい値 ΔF_B を上回っていればステップS532で急ブレーキフラグが「1」にセットされ、上回っていなければステップS537で急ブレーキフラグが「0」にセットされる。

【0048】このように、踏力 F_B が第1のしきい値を上回った場合、および所定時間内の踏力 F_B の増加量が第2のしきい値を上回った場合に、急ブレーキであると判定される。

【0049】次に、図10のステップS510（ステア条件判定）の詳細を図12のフローチャートおよび図13のグラフを参照して説明する。車輪速センサ23の出力信号から演算された車速 V が最も大きいしきい値 V_1 よりも大きい時には、ステアリングセンサ26により検出された舵角 θ が最も小さいしきい値 θ_1 よりも大きい時にステアリングフラグSTRFLが「1」にセットされ、前記しきい値 θ_1 以下の時にステアリングフラグSTRFLが「0」にセットされる（ステップS541、S542、S543、S544、S545、S546参照）。

【0050】車速 V が最も大きいしきい値 V_1 とそれよりも小さいしきい値 V_2 との間にある時には、舵角 θ が中間のしきい値 θ_2 より大きい時にステアリングフラグSTRFLが「1」にセットされ、舵角 θ がしきい値 θ_2 以下の時にステアリングフラグSTRFLが「0」にセットされる（ステップS541、S542、S543、S547、S548、S549参照）。

【0051】車速 V が前記しきい値 V_2 と最も小さいしきい値 V_1 との間にある時には、舵角 θ が最も大きいしきい値 θ_3 より大きい時にステアリングフラグSTRFLが「1」にセットされ、舵角 θ がしきい値 θ_3 以下の時にステアリングフラグSTRFLが「0」にセットされる（ステップS541、S542、S548、S545、S546参照）。

【0052】車速 V が最も小さいしきい値 V_1 以下の時には、舵角 θ の大小に関わらずステアリングフラグSTRFLが「0」にセットされる（ステップS541、S546）。

【0053】このように、車速 V が高い時には小さい舵角 θ であってもステアリング中であるとの判定が下され、車速 V が低い時には大きい舵角 θ でなければステアリング中であると判定が下されなくなる。

【0054】次に、図10のステップS512（モード3配分決定）の詳細を図14のフローチャートおよび図

17のグラフを参照して説明する。ステップS551において前記図4のステップS300で求めた回生制動力制限値 T_{lim} に n 速のギヤレシオ $R(n)$ を乗算することにより、タイヤトルクに換算された換算回生制動力制限値 T_{xclm} が演算される。続くステップS552では、図17(A)のグラフに基づいて、前記図1の制動力配分特性における折点P（[モード3]において前輪Wfの油圧制動が開始される点）に対応する踏力 F_{B0} が検索される。

【0055】ステップS553では、図17(B)のグラフに基づいて踏力 F_B に対応する換算回生制動力 T_{xc} が検索される。続くステップS554では、Frオフセット量すなわち図1のリニアソレノイド19fの操作量が、前記折点踏力 F_{B0} に定数を乗算することにより演算される。ステップS555では、図17(C)のグラフに基づいてRrオフセット量すなわち図1のリニアソレノイド19rの操作量が検索される。而して、ステップS556で図1のON/OFFバルブ15f、15rを制御するFrオフセットフラグとRrオフセットフラグが共に「1」（閉弁）にセットされる。

【0056】次に、図10のステップS514（モード2配分決定）の詳細を図15のフローチャートおよび図17のグラフを参照して説明する。ステップS561において前記図4のステップS300で求めた回生制動力制限値 T_{lim} に n 速のギヤレシオ $R(n)$ を乗算することによりタイヤトルクに換算された換算回生制動力制限値 T_{xclm} が演算される。続くステップS562では、図17(D)のグラフに基づいて、換算回生制動力 T_{xc} が検索される。

【0057】ステップS563では、Frオフセット量が0に設定される。これは、図1の[モード2]の制動力配分特性が前記折点Pを持たず、前輪Wfの油圧制動が初期制動時から行われるためである。続くステップS564では、図17(C)のグラフに基づいてRrオフセット量すなわち図1のリニアソレノイド19rの操作量が検索される。而して、ステップS565で図1の前輪側のON/OFFバルブ15fを制御するFrオフセットフラグが「0」（開弁）にセットされ、後輪側のON/OFFバルブ15rを開弁させるFrオフセットフラグが「1」（閉弁）にセットされる。

【0058】次に、図10のステップS513（モード1配分決定）の詳細を図16のフローチャートを参照して説明する。この[モード1]では回生制動が行われなため、ステップS571において換算回生制動力 T_{xc} が0に設定される。続くステップS572、S573ではFrオフセット量とRrオフセット量が共に0に設定される。そして最後にステップS574でFrオフセットフラグとRrオフセットフラグが共に「0」（開弁）にセットされ、マスタシリンダ9が発生する油圧がそのままモジュレータ12に伝達されて前輪Wfおよび後輪

W_rは通常の油圧により制動される。

【0059】次に、図4のステップS600（シフト指令）の詳細を、図18～図20のフローチャート、図21のグラフおよび図22のタイムチャートに基づいて説明する。

【0060】図18～図20のフローチャートのステップS601においてシフト中である場合には、ステップS602でシフトフラグSHFLが「1」にセットされ、続いてステップS603で換算回生制動力T_{re}が0に設定されるとともに、ステップS604でF_rオフセ

10

ットフラグとR_rオフセットフラグが共に「0」（開弁）にセットされる。これにより、シフト中には回生制動が行われずに前輪W_fおよび後輪W_rは通常の油圧により制動される。

【0061】ステップS601でシフト中でないにも関わらずステップS605でシフトフラグSHFLが「1」にセットされている場合には、シフトが完了したと判断され、続くステップS606で前輪W_fおよび後輪W_rの油圧制動が解除されるとともに、ステップS607でシフトフラグSHFLが「0」にセットされる。

20

【0062】また、ステップS608でステアリング中であってステアリングフラグSTRFLが「1」にセットされている場合には、後述のシフト指令は行われな

い。

【0063】続くステップS609～S613では、現在のシフト位置nにおける回生エネルギーE_(n)が演算される。すなわち、ステップS609で換算回生制動力T_{re}をギヤレシオR_(n)で除算することによりn速におけるモータトルクT_{MT(n)}が演算される。そして、ステップS612で図21のグラフに基づいて前記モータトルクT_{MT(n)}とモータ2の回転数N_Mからモータ効率η_(n)が求められ、続くステップS613で前記モータ効率η_(n)にモータトルクT_{MT(n)}とモータ2の回転数N_Mを乗算することにより、当該シフト位置nにおける回生エネルギーE_(n)が演算される。

30

【0064】次に、ステップS614～S622において、現在のシフト位置からシフトダウンした場合の回生エネルギーE_(n-1)が演算される。すなわち、ステップS614で現在のシフト位置nが1速である場合には、シフトダウンが実質的に不可能であるため、ステップS615でシフトダウンした場合の回生エネルギーE_(n-1)が0に設定される。一方、前記ステップS614で現在のシフト位置nが2速～4速の何れかである場合には、ステップS616～S622で前述と同様にn-1速にシフトダウンした場合の回生エネルギーE_(n-1)が演算される。その際に、ステップS617でモータトルクT_{MT(n-1)}が回生制動力制限値T_{LV}を上回った場合には、ステップS618で前記回生制動力制限値T_{LV}がモータトルクT_{MT(n-1)}とされる。またシフトダウンの場合には、ステップS619でシフトダウン時のモータ2

40

50

の回転数N_{M(n-1)}が、ギヤレシオR_(n)、R_(n-1)とn速における回転数N_{M(n)}から演算され、その結果ステップS620で回転数N_{M(n-1)}がオーバーレブになった場合には、前記ステップS615で回生エネルギーE_(n-1)が0に設定される。

【0065】次に、ステップS623～S630において、現在のシフト位置からシフトアップした場合の回生エネルギーE_(n+1)が演算される。すなわち、ステップS623で現在のシフト位置nが4速である場合には、シフトアップが実質的に不可能であるため、ステップS624でシフトアップした場合の回生エネルギーE_(n+1)が0に設定される。続くステップS625～S630では、前述と同様にシフトアップした場合の回生エネルギーE_(n+1)が演算される。その際に、ステップS626でモータトルクT_{MT(n+1)}が回生制動力制限値T_{LV}を上回った場合には、ステップS627で前記回生制動力制限値T_{LV}がモータトルクT_{MT(n+1)}とされる。尚、前記シフトアップの場合にはオーバーレブが発生することが無いため、シフトダウンの場合に行ったオーバーレブの判定は行われない。

【0066】而して、ステップS631～S633で現在の回生エネルギーE_(n)、シフトダウンした場合の回生エネルギーE_(n-1)、およびシフトアップした場合の回生エネルギーE_(n+1)の3者が比較され、E_(n-1)が最大になる場合にはステップS634でシフトダウン指令が発せられ、逆にE_(n+1)が最大になる場合にはステップS635でシフトアップ指令が発せられる。

【0067】上述のシフト操作を図22のタイムチャートに基づいて説明する。例えばブレーキペダル8の踏力が時刻T₁、T₃、T₈において次第に強まるように操作され、時刻T₂に回生制動指令が発せられたとする。この時回生エネルギーを最大にすべくシフト位置を例えば3速から2速にシフトダウンするように判断された場合、時刻T₄においてクラッチが解除される。

【0068】クラッチが解除されると後輪W_rとモータ2が切り離されて回生制動力不能になるため、時刻T₄からT₇までモータ2の回生制動指令がキャンセルされる。そして回生制動が行われない間すなわち時刻T₄からT₇までの間は、油圧ブレーキ指令が出されて油圧制動が回生制動に代替する。而して、時刻T₄からT₈までのクラッチの係合解除期間における時刻T₅において、シフト指令が発せられて3速から2速へのシフトダウンが実行される。

【0069】上述のようにしてトータル制動力は、時刻T₂～T₄では回生制動により、時刻T₄～T₇では油圧制動により、時刻T₇～T₈では回生制動により、時刻T₈以降は回生制動と油圧制動の併用により確保される。

【0070】次に、図4のステップS700（回生・油圧制動力制御）の詳細を図23のフローチャートに基づ

いて説明する。

【0071】 15 16
 まず、ステップS701で換算回生制動力 T_{re} が出力される。そして図1から明らかなように、
 [モード3]および[モード2]において、初期制動時に前記換算回生制動力 T_{re} が得られるように後輪Wrが回生制動され、この回生制動によりモータ2が発電した電力はバッテリー1の充電に供される。ステップS702およびS703では、[モード3]に対応する図14のステップS554、S555、[モード2]に対応する図15のステップS563、S564、および[モード1]に対応する図17のステップS572、S573において決定されたFrオフセット量とRrオフセット量が出力される。その結果、図1に示す前輪Wfおよび後輪Wrの油圧制御バルブのリニアソレノイド19f、19rが作動して差圧バルブ16f、16rのスプリング17f、17rのセット荷重が所定の大きさに調整される。

【0072】 20
 続くステップS704でFrオフセットフラグが「1」にセットされていなければ([モード2]と[モード1]の場合)、ステップS705で図1のON/OFFバルブ15fは開弁状態に保たれ、逆に「1」にセットされていれば([モード3]の場合)、ステップS706でON/OFFバルブ15fは開弁操作される。

【0073】
 したがって、ON/OFFバルブ15fが開弁状態に保たれる[モード2]および[モード1]では、マスタシリンダ9が発生したブレーキ油圧は直接モジュレータ12に伝達され、図1の[モード2]および[モード1]の制動力配分特性に示すように初期制動時から前輪Wfは油圧制動される。

【0074】
 一方、[モード3]ではON/OFFバルブ15fが開弁操作されるため、マスタシリンダ9が発生したブレーキ油圧は前記ON/OFFバルブ15fに阻止されて差圧バルブ16fを経由してモジュレータ12に伝達されるが、その際にスプリング17fのセット荷重によりブレーキペダル8の踏力が所定値に高まるまで差圧バルブ16fは開弁しない。その結果、図1の[モード3]の制動力配分特性における線分OPに示すように、初期制動時に前輪Wfに油圧制動力が作用することが阻止される。そしてマスタシリンダ9が発生したブレーキ油圧が前記折点Pに対応する大きさになると、差圧バルブ16fが開弁して前輪Wfに油圧制動力が作用し始めることになる。

【0075】
 図23のフローチャートに戻り、ステップS707でRrオフセットフラグが「1」にセットされていなければ([モード1]の場合)、ステップS708でON/OFFバルブ15rは開弁状態に保たれ、逆に「1」にセットされていれば([モード3]および[モード2]の場合)、ステップS709でON/OFFバルブ15rは開弁操作される。

【0076】 したがって、ON/OFFバルブ15rが開弁状態に保たれる[モード1]では、マスタシリンダ9が発生したブレーキ油圧は直接モジュレータ12に伝達されることになり、図1の[モード1]の制動力配分特性に示すように初期制動時から後輪Wrは油圧制動される。

【0077】 一方、[モード3]および[モード2]ではON/OFFバルブ15rが開弁操作されるため、マスタシリンダ9が発生したブレーキ油圧は前記ON/OFFバルブ15rに阻止されて差圧バルブ16rを経由してモジュレータ12に伝達されることになり、スプリング17rのセット荷重によりブレーキペダル8の踏力が所定値に高まるまで差圧バルブ16rは開弁しない。その結果、図1の[モード3]および[モード2]の制動力配分特性における回生限界まで後輪Wrに油圧制動力が作用することが阻止される。そしてマスタシリンダ9が発生したブレーキ油圧が前記回生限界に対応する大きさになると、差圧バルブ16rが開弁して後輪Wrに油圧制動力が作用し始め、それ以後は後輪Wrに回生制動力と油圧制動力が作用することになる。

【0078】 図24は、図9および図10に示した回生・油圧配分決定ルーチンを簡略化した別実施例を示すものである。

【0079】 この実施例では、回生制動システムが故障しておらず、且つステアリング中でなく、且つ踏力がしきい値以上でなく、且つ路面 μ が低くない場合に、通常の[モード3]が選択される(ステップS581、S582、S583、S584、S585、S586、S587参照)。

【0080】 30
 前記ステップS581で回生制動システムが故障している場合には、ステップS589において無条件で[モード1]が選択される。また、ステップS582、S583でステアリング中であると判断された場合、ステップS584で踏力がしきい値以上になって急ブレーキであると判断された場合、あるいはステップS585、S586で路面 μ が低くて車輪ロックの可能性があると判断された場合には、ステップS588で[モード2]が選択される。

【0081】 40
 図25は、前記図24のステップS582(ステア条件判定)のサブルーチンを示すもので、ステップS591において車両の横加速度が基準値以上である場合にステアリング中であると判断されてステップS592でステアリングフラグSTRFLが「1」にセットされ、基準値未満である場合にステアリング中でないと判断されてステップS593でステアリングフラグSTRFLが「0」にセットされる。尚、前記ステップS591で車両の横加速度に代えて車両のヨーレートrをパラメータとしてステア条件を判定することも可能である。

【0082】 50
 以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、種々の小設

計変更を行うことが可能である。

【0083】例えば、実施例では前輪Wfが従動輪であり後輪Wrが駆動輪である車両を例示したが、本発明は前輪Wfが駆動輪であり後輪Wrが従動輪である車両に対しても適用可能である。

【0084】

【発明の効果】以上のように本発明の第1の特徴によれば、マスタシリンダと従動輪のブレーキシリンダとの間に差圧バルブを介在させ、駆動輪の回生制動が行われる時に前記差圧バルブにより従動輪の油圧制動を規制したので、車両の運動エネルギーを従動輪の油圧制動で消費することなく、その運動エネルギーの全てを駆動輪の回生制動に利用することができる。これにより、回生制動によるエネルギーの回収を効果的に行い、車両の走行可能距離を増加させることが可能となる。

【0085】また本発明の第2の特徴によれば、マスタシリンダと駆動輪のブレーキシリンダとの間に差圧バルブを介在させ、駆動輪の回生制動が行われる時に前記差圧バルブにより駆動輪の油圧制動を規制したので、車両の運動エネルギーを駆動輪の油圧制動で消費することなく、その運動エネルギーの全てを駆動輪の回生制動に利用することができる。これにより、回生制動によるエネルギーの回収を効果的に行い、車両の走行可能距離を増加させることが可能となる。

【0086】また本発明の第3の特徴によれば、従動輪あるいは駆動輪の油圧制動の規制が解除される制動油圧の大きさを決定するスプリングのセット荷重が調整可能であるため、回生制動力と油圧制動力の配分を容易に設定することができる。

【0087】また本発明の第4の特徴によれば、マスタシリンダと従動輪あるいは駆動輪のブレーキシリンダ間に回生制動時に閉じて油圧制動時に開くON/OFFバルブを介在させたので、回生制動が不能になった場合に前記ON/OFFバルブを開いて従動輪あるいは駆動輪を油圧制動することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による制動装置を備えた電動車両の全体構成図

【図2】制御系のブロック図

【図3】制動モードの概略説明図

【図4】メインルーチンのフローチャート

【図5】メインルーチンのステップS300に対応するサブルーチンのフローチャート

【図6】図5のステップS301に対応するサブルーチンのフローチャート

【図7】図6のフローチャートに付随するグラフ

【図8】図5のフローチャートに付随するグラフ

【図9】メインルーチンのステップS500に対応するサブルーチンのフローチャート

【図10】メインルーチンのステップS500に対応するサブルーチンのフローチャート

【図11】図9のステップS504のサブルーチンに対応するフローチャート

【図12】図10のステップS510のサブルーチンに対応するフローチャート

10 【図13】図12のフローチャートに付随するグラフ

【図14】図10のステップS512のサブルーチンに対応するフローチャート

【図15】図10のステップS514のサブルーチンに対応するフローチャート

【図16】図10のステップS513のサブルーチンに対応するフローチャート

【図17】図14および図15のフローチャートに付随するグラフ

20 【図18】メインルーチンのステップS600のサブルーチンに対応するフローチャート

【図19】メインルーチンのステップS600のサブルーチンに対応するフローチャート

【図20】メインルーチンのステップS600のサブルーチンに対応するフローチャート

【図21】図18～図20のフローチャートに付随するグラフ

【図22】制動中にシフトチェンジが行われた場合のタイムチャート

30 【図23】メインルーチンのステップS700に対応するサブルーチンのフローチャート

【図24】図9および図10に対応する他の実施例のフローチャート

【図25】図24のステップS582のサブルーチンに対応するフローチャート

【符号の説明】

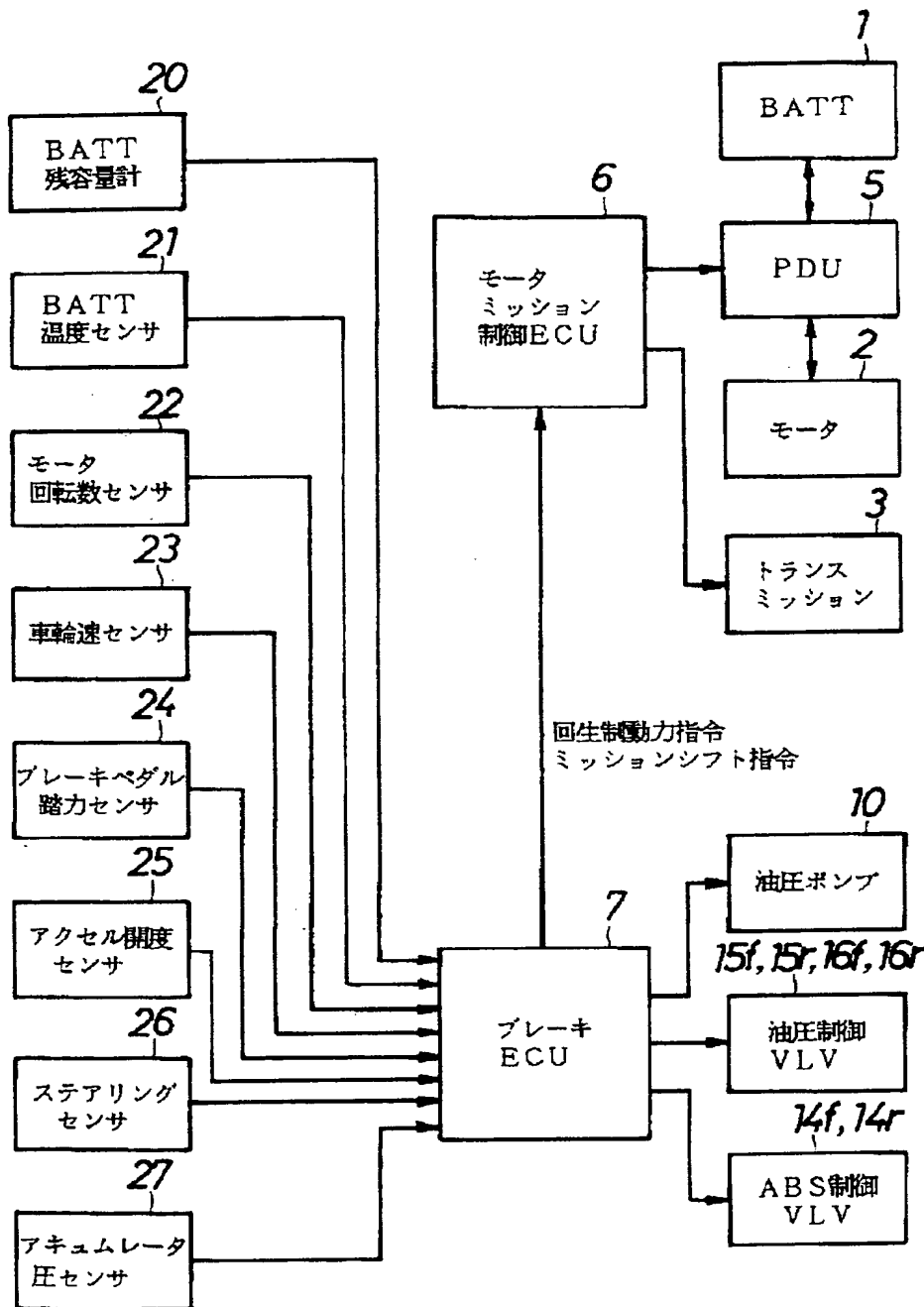
1	バッテリー
2	モータ
8	ブレーキペダル（ブレーキ操作子）
9	マスタシリンダ
40 13 f, 13 r	ブレーキシリンダ
15 f, 15 r	ON/OFFバルブ
16 f, 16 r	差圧バルブ
17 f, 17 r	スプリング
Wf	前輪（従動輪）
Wr	後輪（駆動輪）

回生制動力制限値
(T_{LMN})

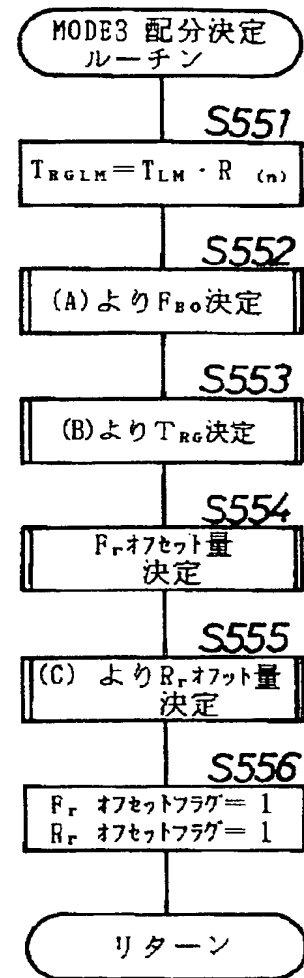
$N_M \cdot T_{LMN} = \text{一定}$

モータ回転数 (N_M)

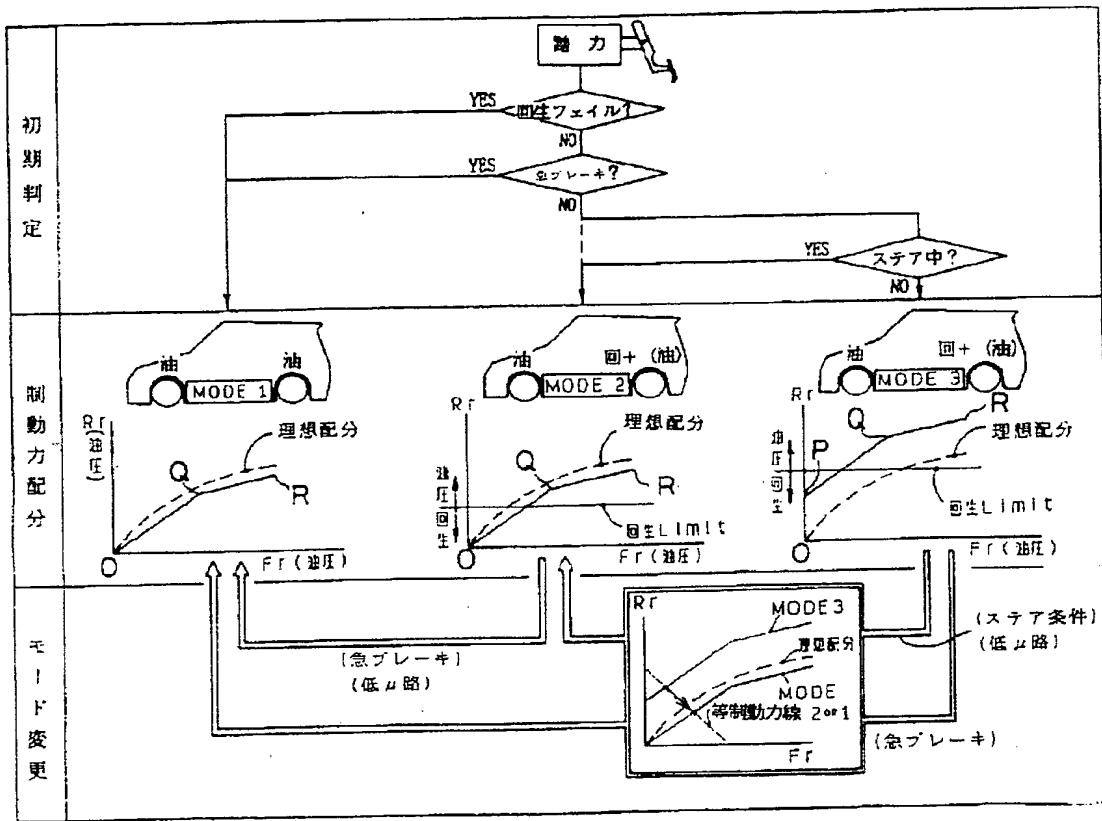
【図2】



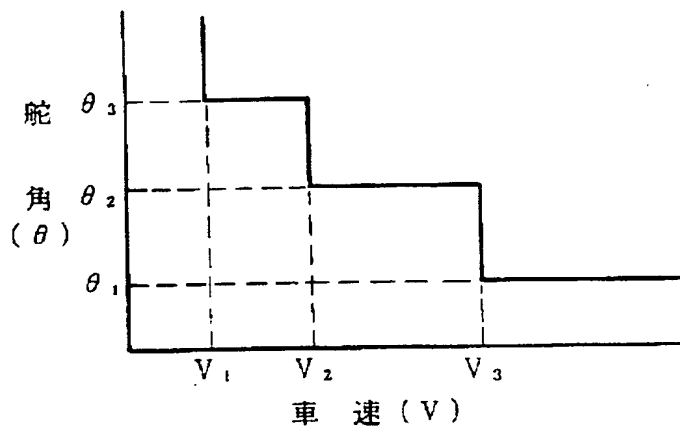
【図14】



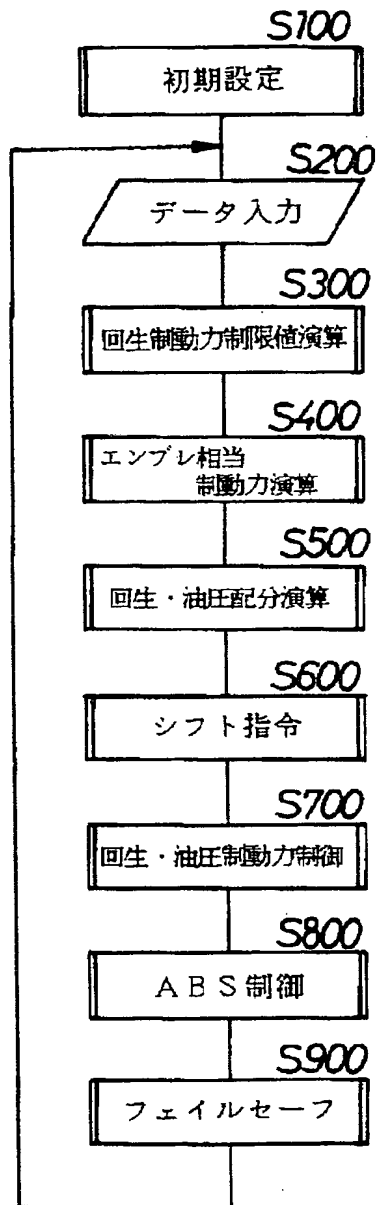
【図3】



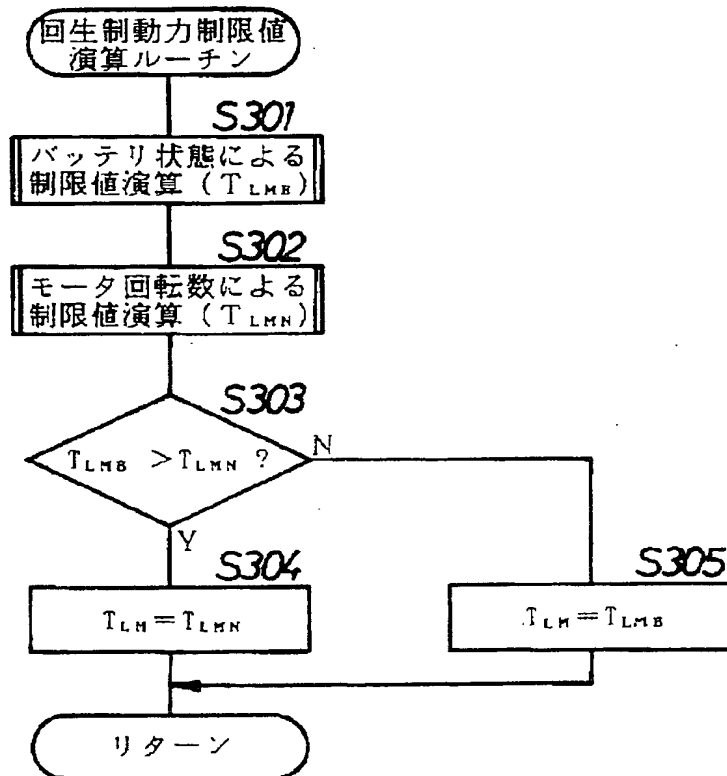
【図13】



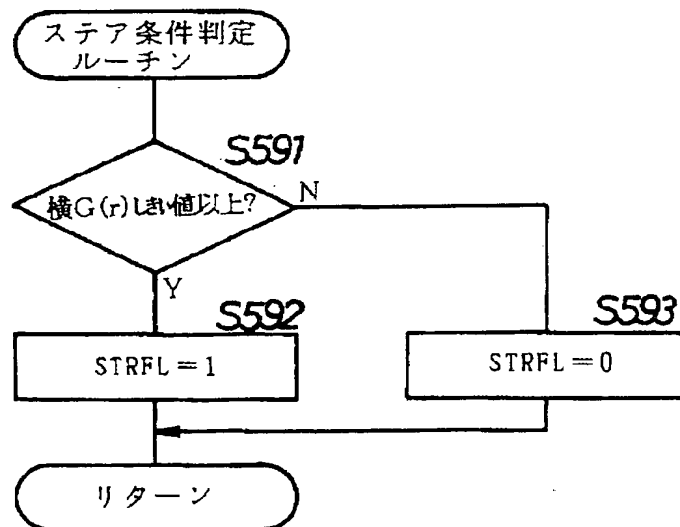
【図4】



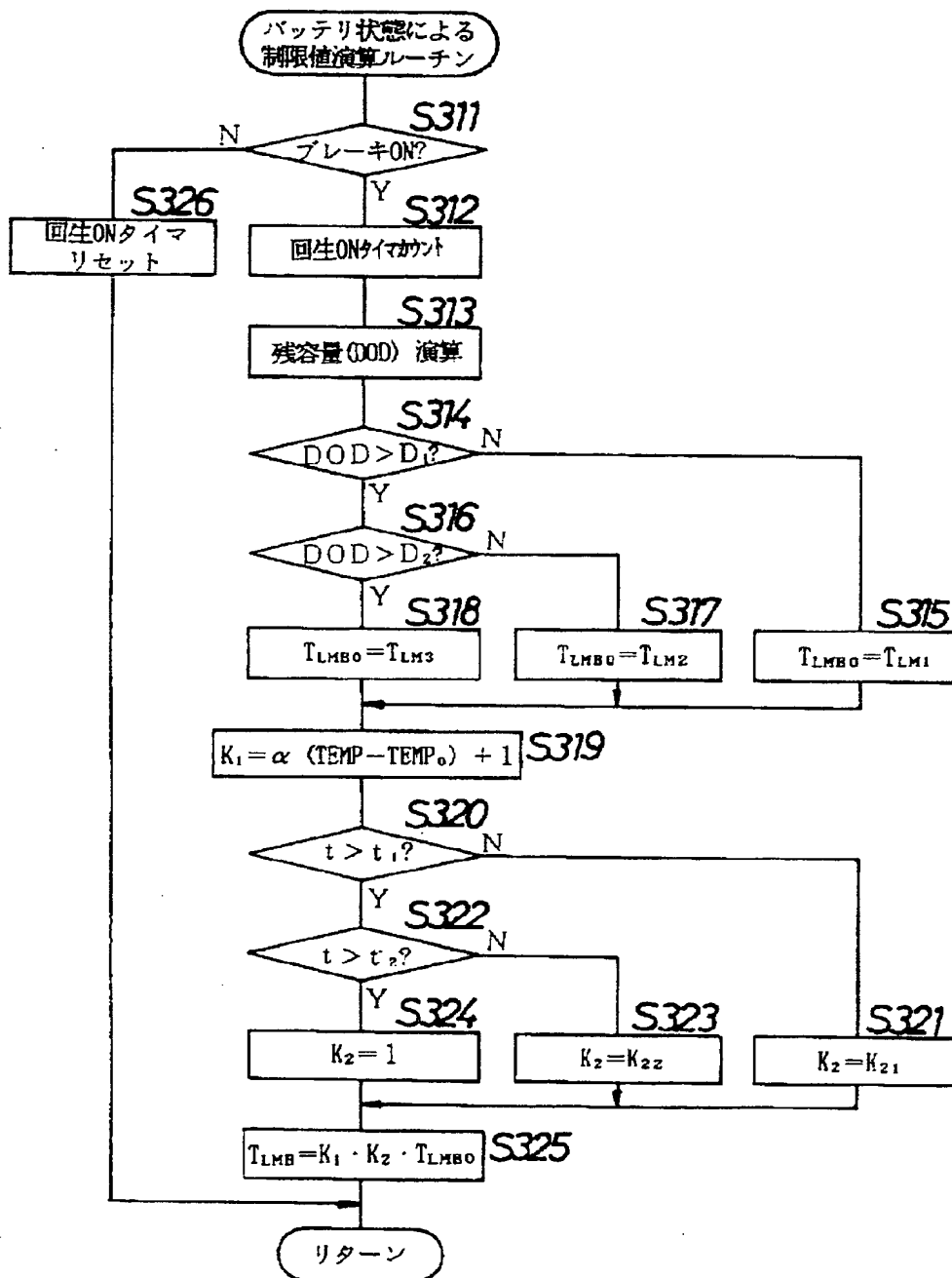
【図5】



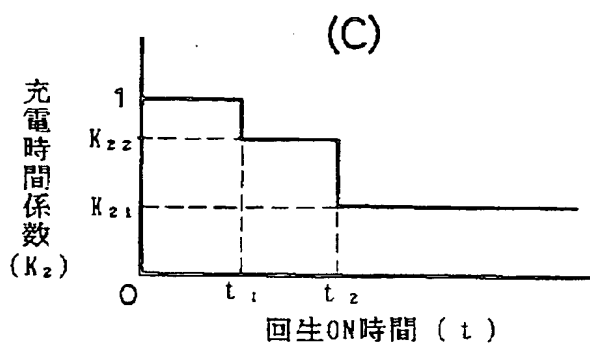
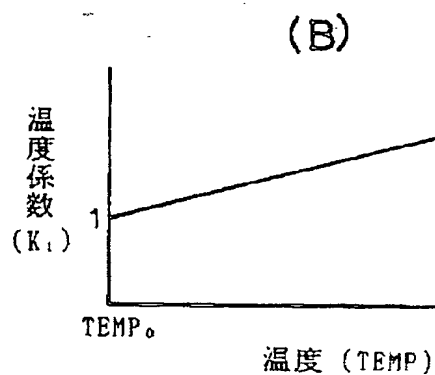
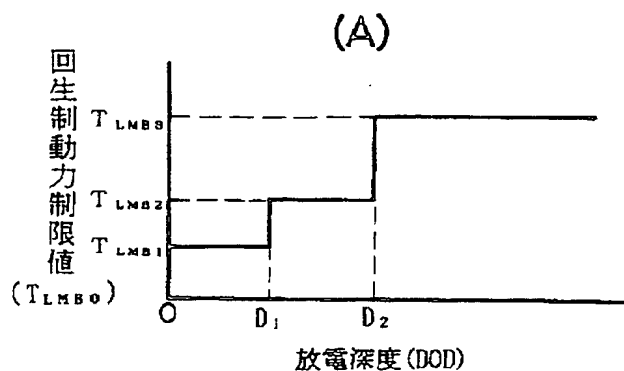
【図25】



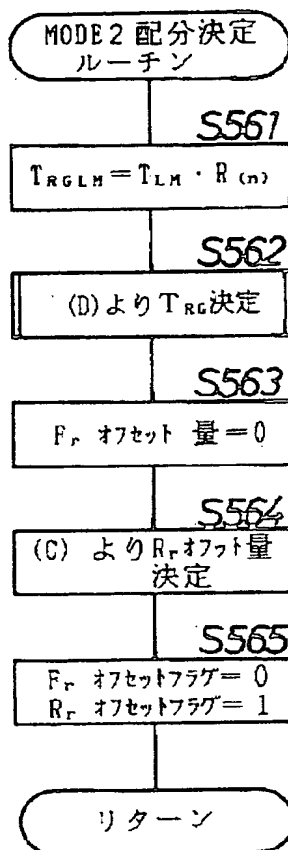
【図6】



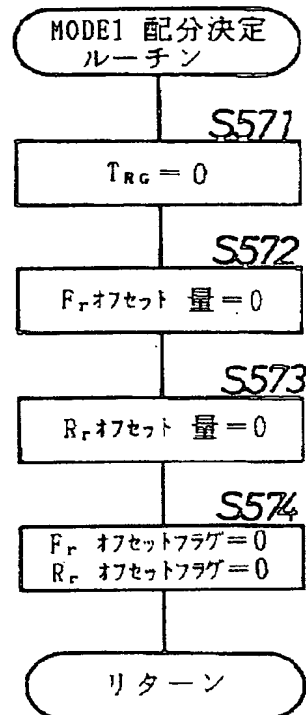
【図7】



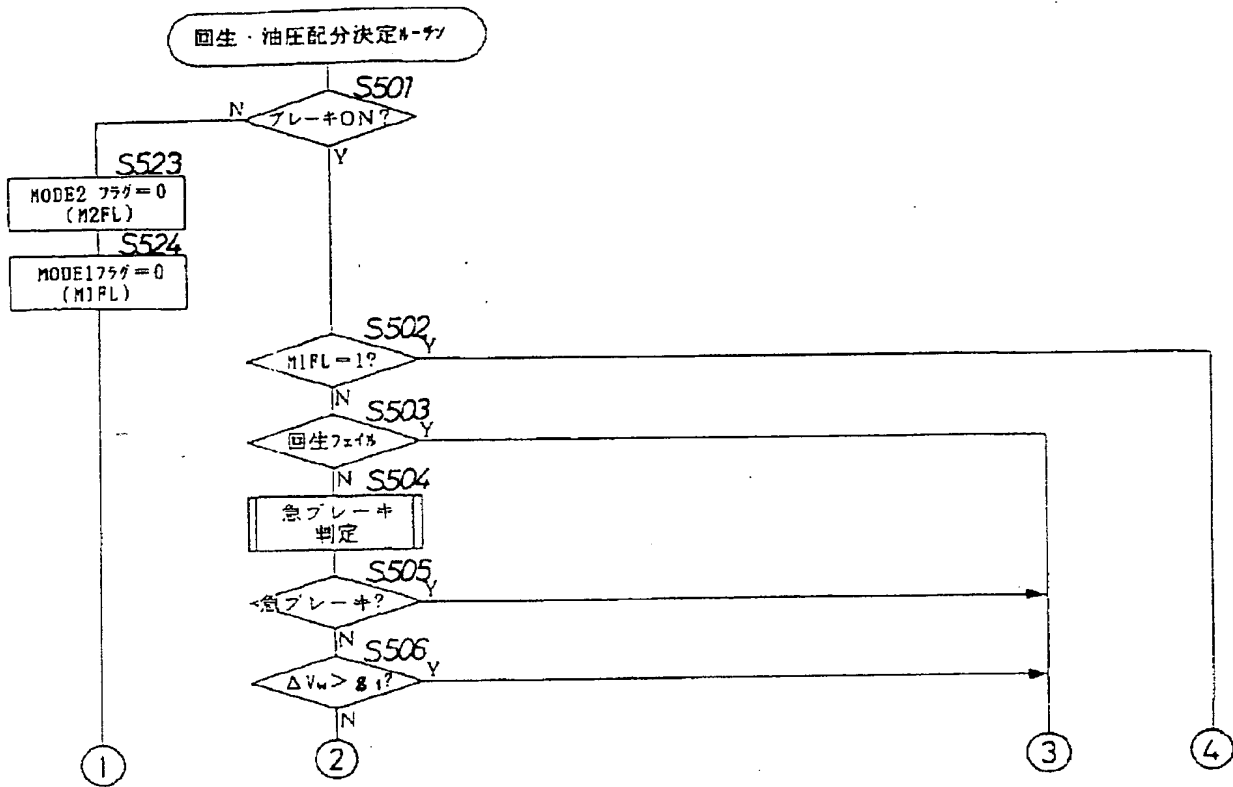
【図15】



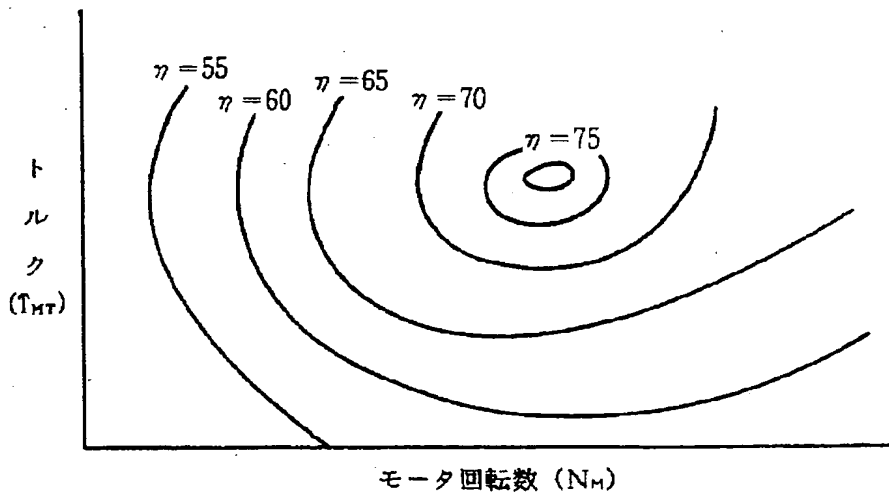
【図16】



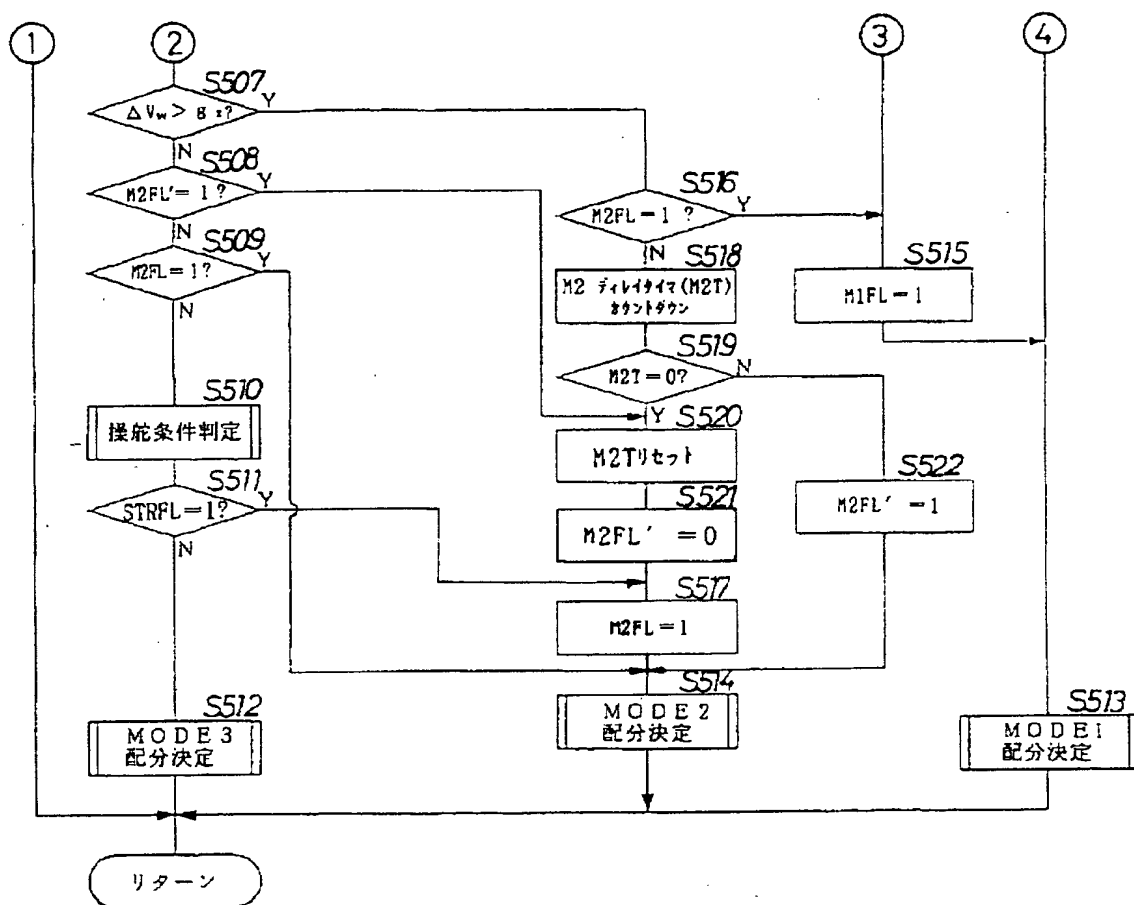
【図9】



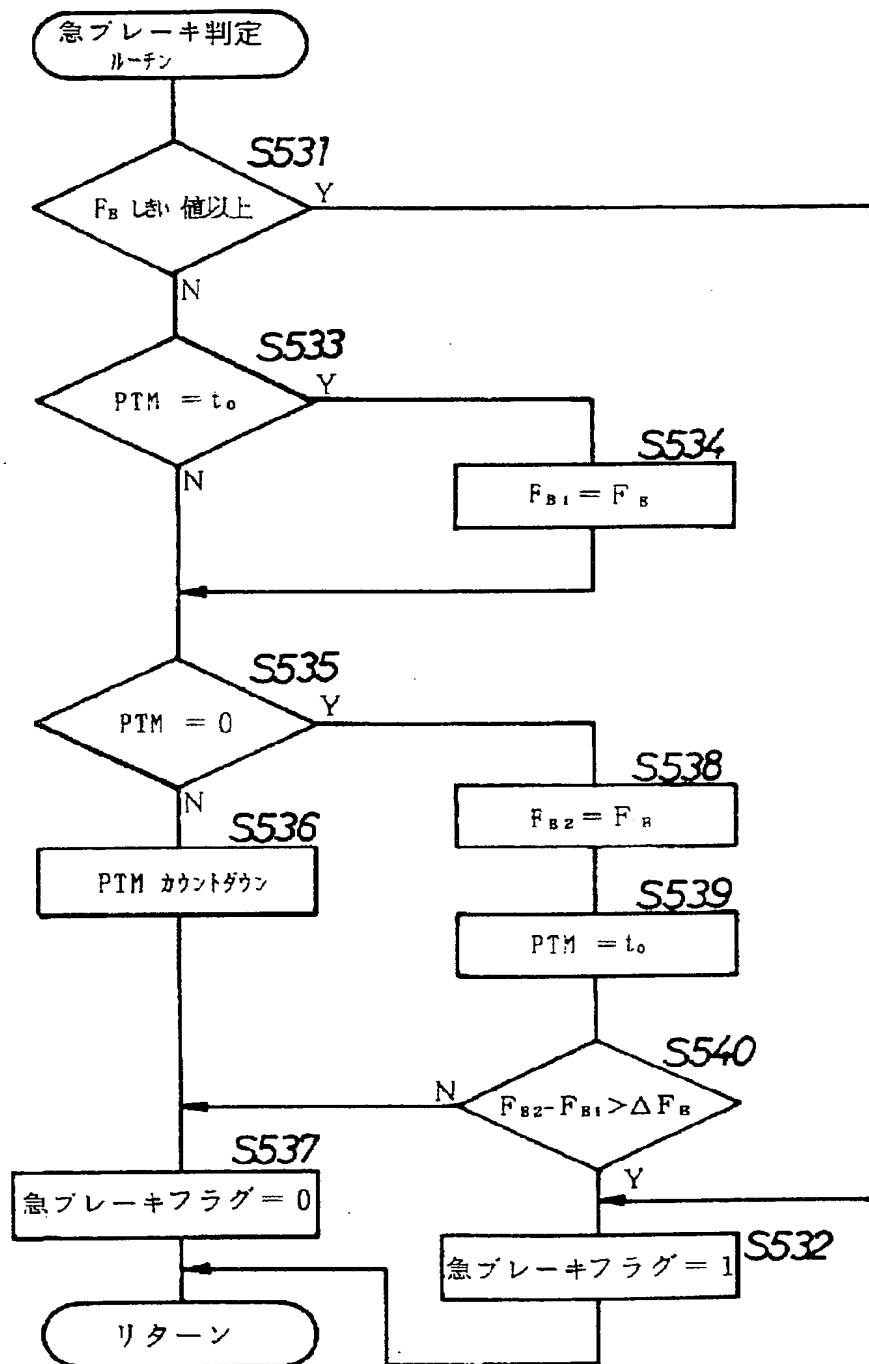
【図21】



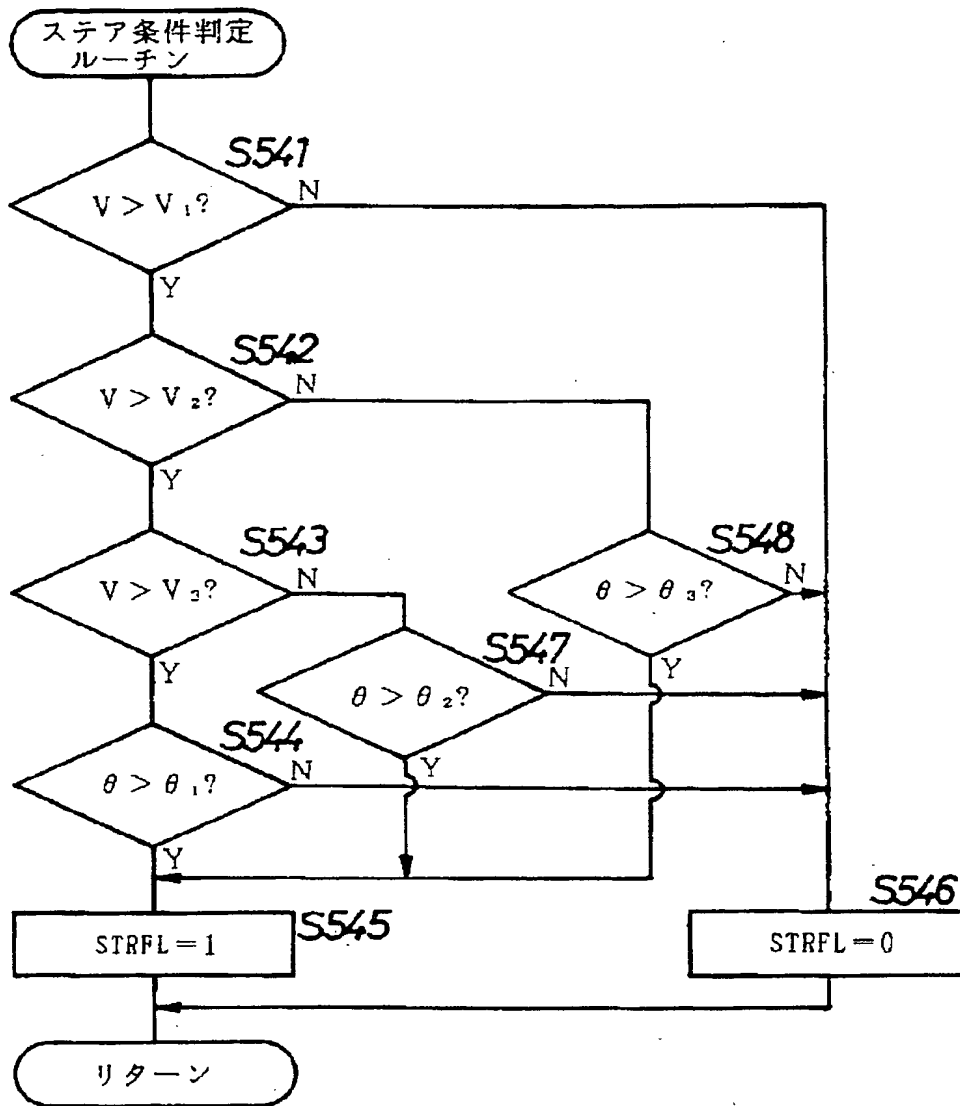
【図10】



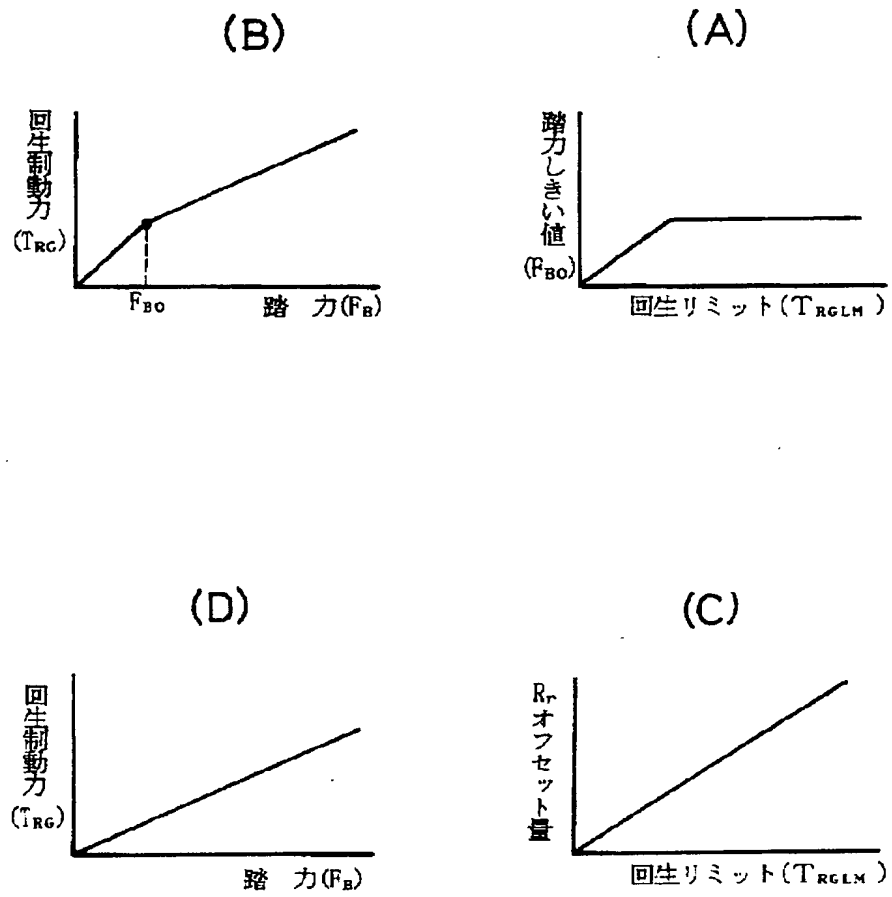
【図11】



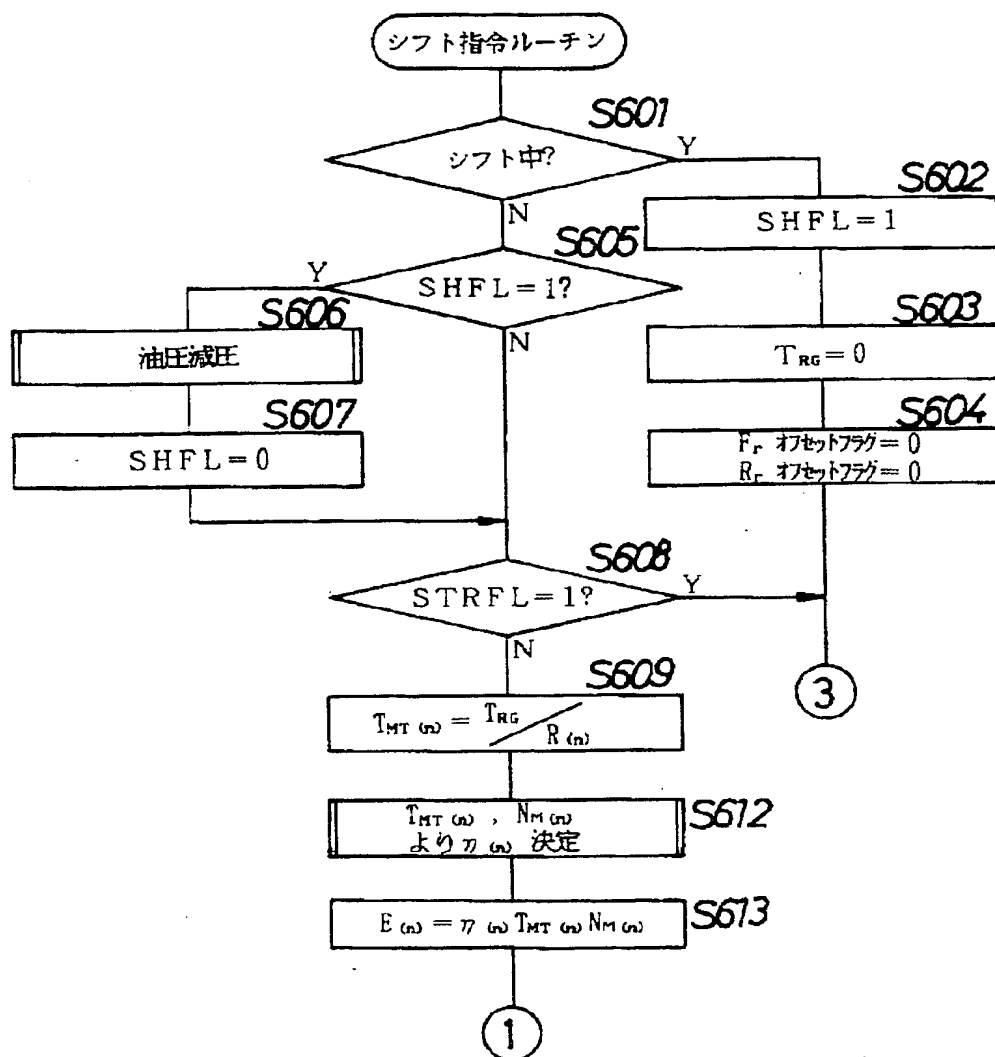
【図12】



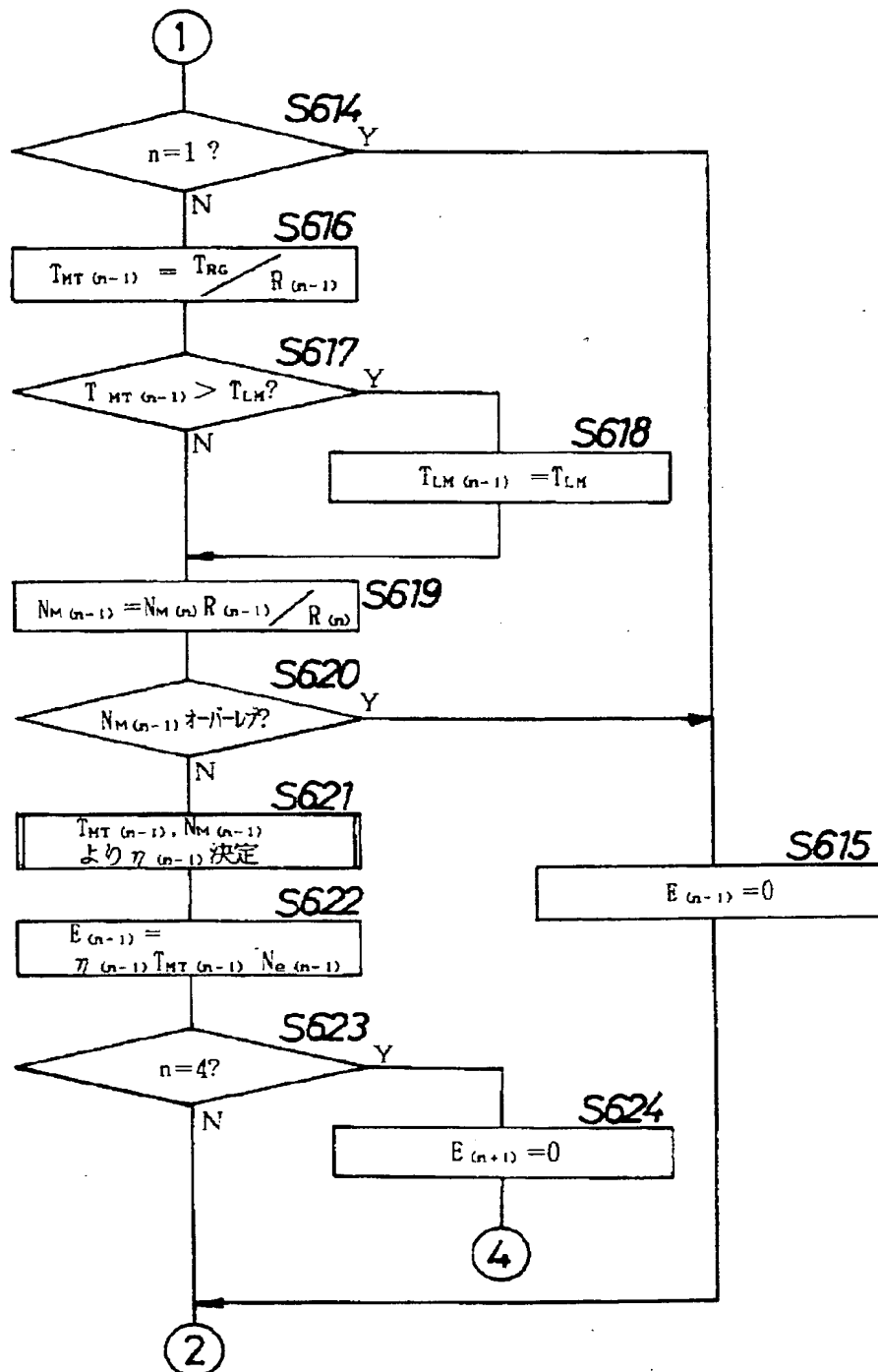
【図17】



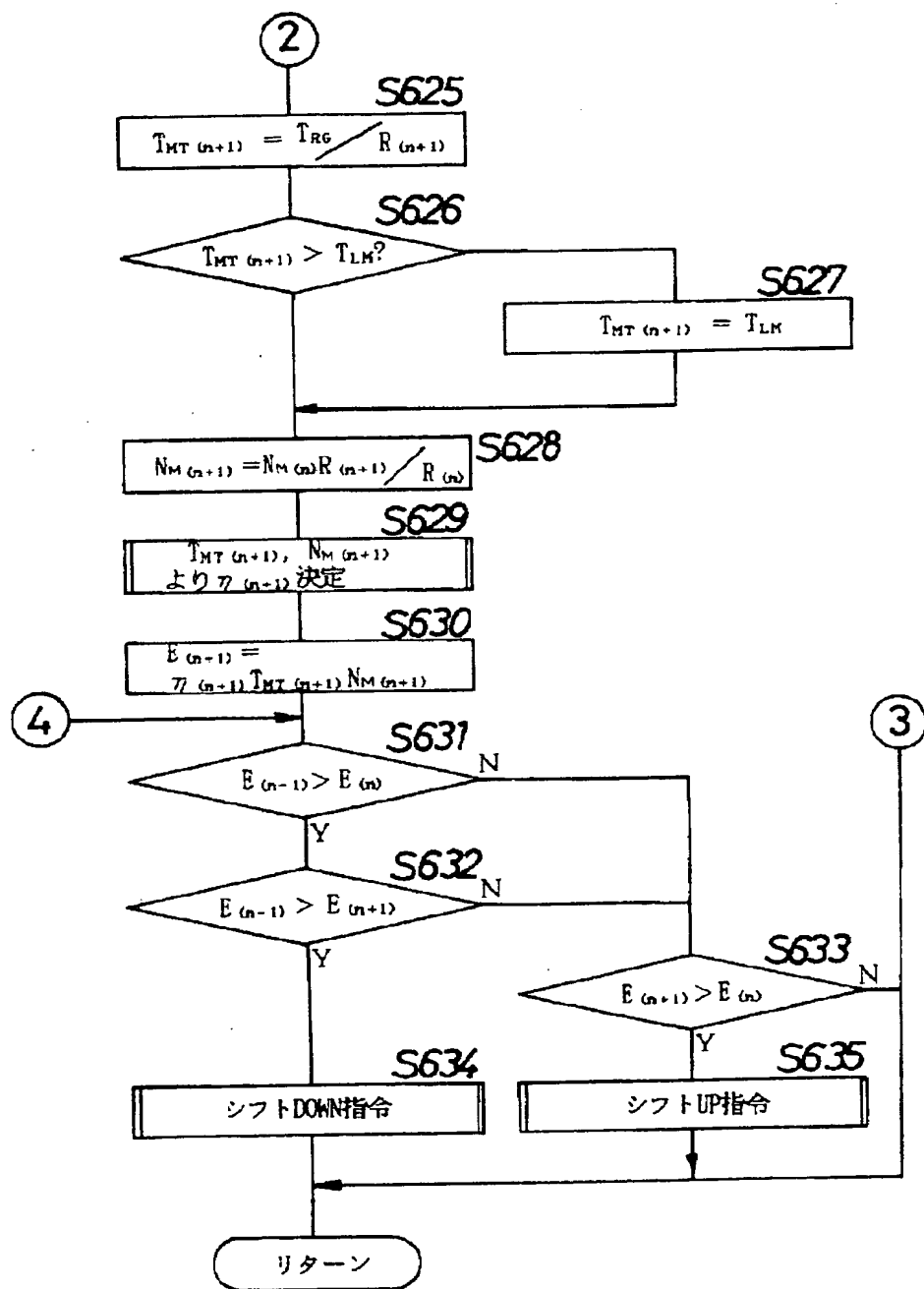
【図18】



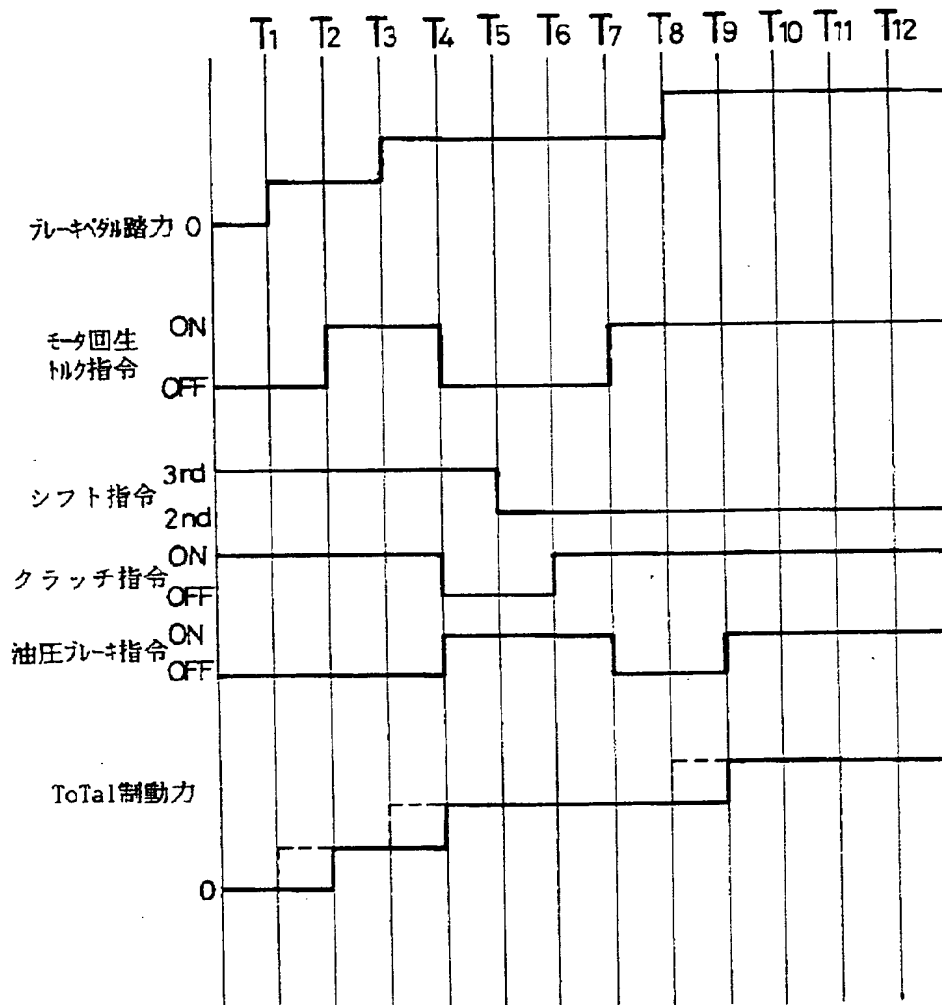
【図19】



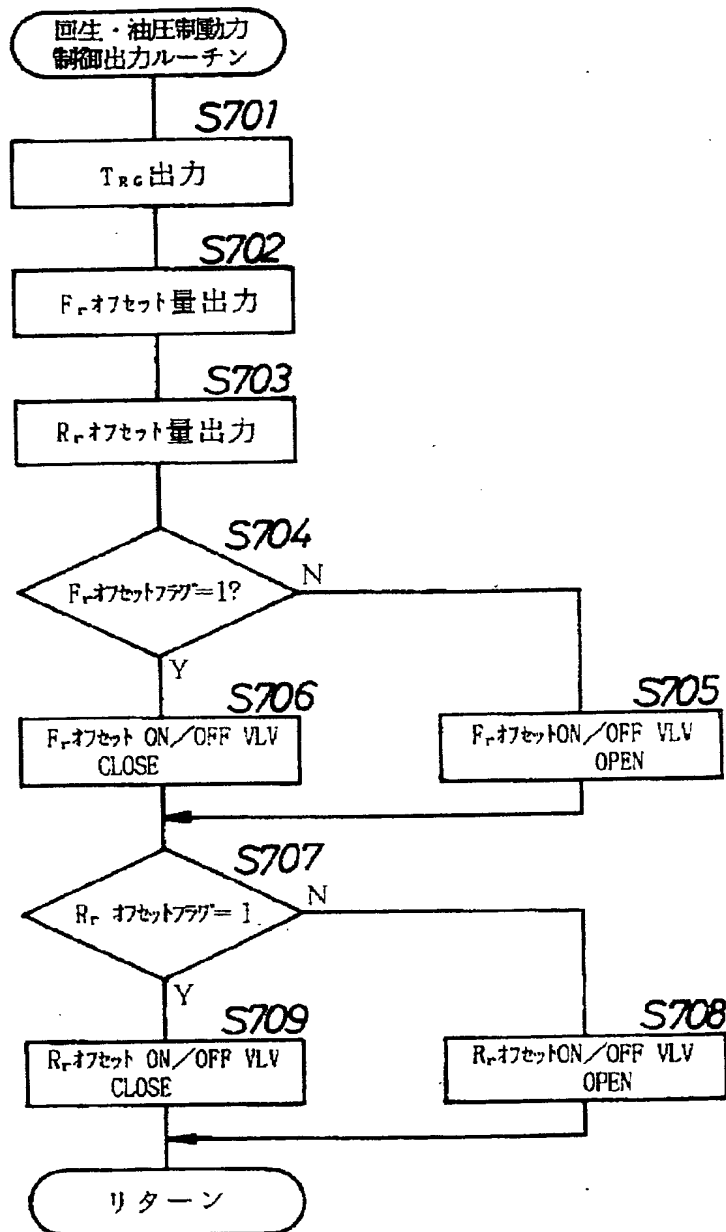
【図20】



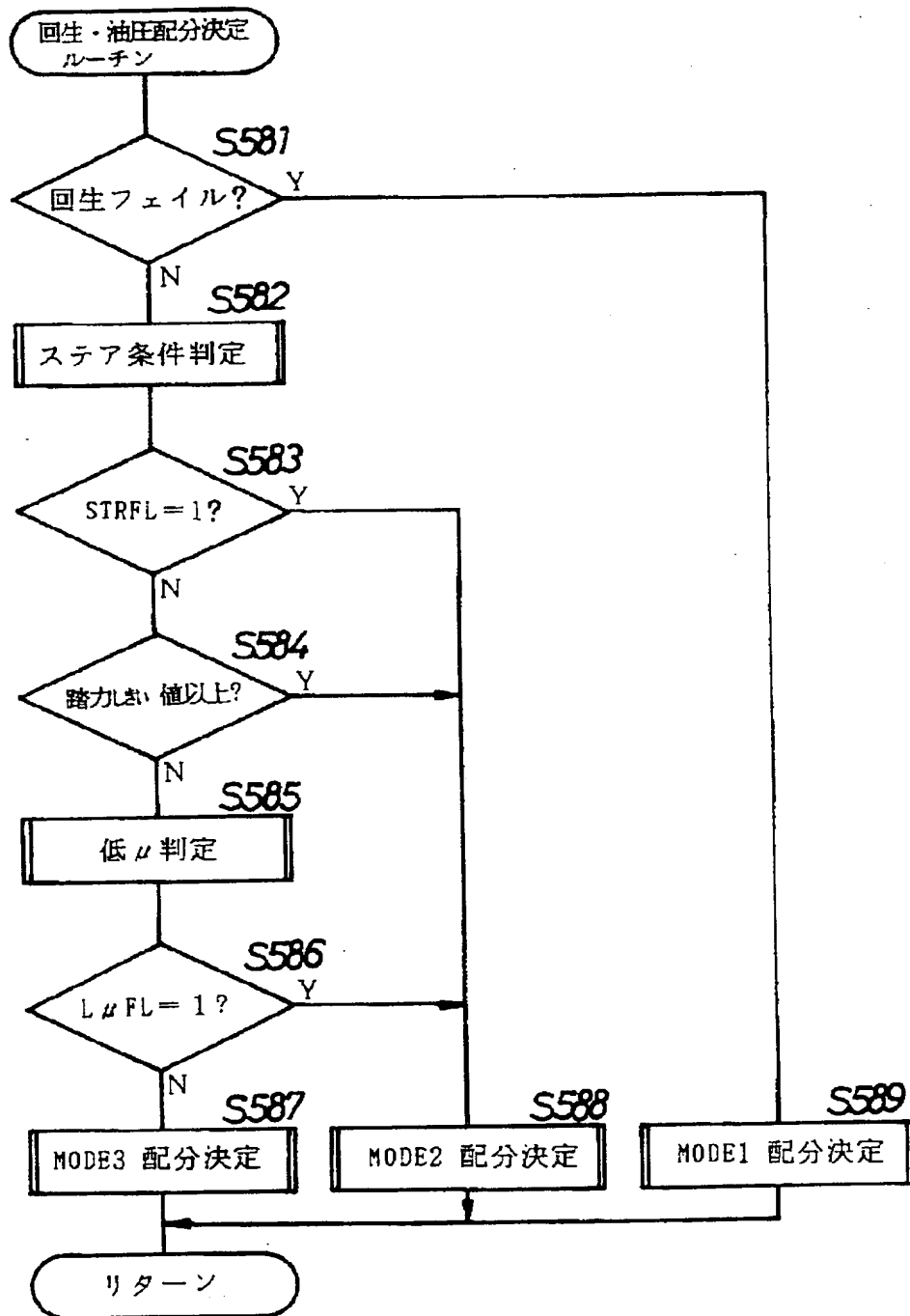
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 大庭 健
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内